

*Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів.  
Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 28-29 листопада 2018.*

**УДК 635**

**П.В. Когут, І.М. Павлечко**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ, ДЛЯ  
ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ ТА КРИТЕРІЇВ ЯКОСТІ МОДЕЛЕЙ**

**P.V. Kohyt, I.M. Pavlecho**

**STATEMENTS OF THE PROBLEM FOR MATHEMATICAL MODELING OF  
FACTOR END CRITERIA DETERMINATION OF MODEL QUALITY**

Насичення споживацького ринку різноманітними і якісними продуктами вимагає від виробника впровадження новітніх технологій і сучасного високопродуктивного устаткування.

Для здійснення широко поширених технологічних операцій, таких як інтенсифікація фасування кисломолочних продуктів, застосовуються гвинтові мішалки, що мають цілий ряд переваг в порівнянні з іншими видами нагнітачів.

При перемішуванні будь-якої суміші компонентів енергія витрачається не тільки на корисну роботу, але і витрачається на непродуктивну роботу. Чим досконаліша конструкція і робочий процес змішувача, тим більша частота витрат на корисну роботу. Енергетичний аналіз роботи змішувачів дозволяє виявити причини непродуктивних витрат, знизити їх величину і обґрунтувати раціональні конструктивні рішення і параметри робочого процесу. В робочих процесах необхідно встановити порівняльні характеристики введення енергетичних потенціалів у рідині і твердому тілі.

Якщо за впливів постійної дії створюються режими із стабілізованими рушійними, гідродинамічними, масообмін цими параметрами тощо, то імпульсний характер впливів дає змогу накопичувати певні енергетичні рівні, які реалізуються в швидкоплинних перехідних процесах з високими та надвисокими значеннями потужностей.

Створення сучасних високоякісних машин для переробки продуктів харчування, які мають високі техніко-економічні показники, пов'язане з проблемами міцності та динаміки. Інтенсифікація робочих процесів, підвищення навантажень, швидкостей, температур, зменшення ваги та габаритів обладнання, збільшення надійності й ресурсу обумовлює необхідність розширення теоретичних досліджень щодо міцності та стійкості елементів обладнання.

Для того, щоб конструкції машин відповідали умовам сучасної прогресивної технології, важливим етапом є розрахунки на міцність. Необхідно, щоб форма, розміри, швидкості та траєкторії руху робочих органів відповідали фізико-механічним властивостям продукту й обраному технологічному режиму.

Перемішування широко застосовується в харчових виробництвах, воно значно прискорює технологічні процеси, але потребує додаткових витрат енергії й ускладнює конструкції апаратів, тому будь-які можливості раціонального зменшення питомих витрат енергії та продовження процесу мають бути використані на стадії конструювання.

Перемішування найактивніше відбувається за умов турбулентного режиму руху, здійснюється шляхом достатньо тривалою дією робочих органів на продукти та є результатом процесів двох одночасних мікромасштабного і макромасштабного. Кожен рівень перемішування вирішує певні технологічні завдання, і може бути ефективно реалізований за допомогою мішалок відповідних типів. Навантаження на робочий орган досліджуваних машин змінюється зі зміною реологічних характеристик пружно-

в'язких продуктів, які обробляються, і збільшенням об'єму продукту за умови насичування повітрям.

Внаслідок обтікання й підсмоктування продуктів біля лопатей утворюються турбулентні завихрення. За умов турбулентного режиму рух рідини обертається разом з лопатями мішалки з високою коловою швидкістю, внаслідок цього виникає відцентрова сила. Під дією відцентрової сили в центрі поверхні продукту утворюється лунка у формі параболоїда обертання, глибина якої збільшується зі зростанням частоти обертання. Утворення лунки погіршує процес перемішування. Для досягнення рівномірності та інтенсивності перемішування треба запобігти утворенню лунки; із цією метою в конструкції робочого органу застосовують вертикальні відбивні перегородки, які мають вигляд плоских пластин. Наявність відбивних перегородок сприяє збільшенню енергії, що використовується для перемішування, оскільки вони додатково турбулізують потік і змінюють структуру поля швидкостей, зменшуючи колову швидкість та збільшуючи.

Для забезпечення цих переваг конструкції перемішувального обладнання треба проводити на стадії проектування досконалий розрахунок відбивних перегородок, оскільки розмір елементів потоку макрорівня сумірний з розмірами апарата.

Ми вважаємо, що для отримання раціональної конструкції відбивних пластин методика розрахунку під час конструювання має містити: визначення навантажень і деформацій для розрахунку на міцність, урахування стійкості пластинок у межах пружності та температурних доданків у випадку значних змін температур харчових сумішей.

Вважається, що зі збільшенням кількості обертів мішалки ефективність процесу зростає, але до певної межі; при цьому зростають і витрати енергії.

Збільшення кількості обертів мішалки призводить до утворення воронки, яка спричиняє низку незручностей при проведенні технологічних процесів: неоднакові рівні вільної поверхні у різних її точках, можливість оголення дна посудини і перепліскування рідини через її бокові стінки, зменшення інтенсивності перемішування і т. ін. Тому при перемішуванні нерідко використовують відбивні перегородки. Як показали дослідження, встановлення перегородок не тільки запобігає утворенню воронки, а й призводить до зростання ефективності процесу.

Мішалка виконана у вигляді спіралі з відповідним кроком та своєрідною формою в перерізі, що забезпечує зменшенню лобового опору при багаторазовому перемішуванні кисломолочних продуктів та стабілізацію його структури і консистенцію при оптимальному часі. Це дозволяє отримати стабільної якості кисломолочних продуктів, однорідне по всім показникам при зниженні питомої роботи на процес перемішування.

Технічний результат полягає в тому, що конструкція забезпечує інтенсивне перемішування кисломолочних продуктів в двомірному потоці при оптимальному енергозберігаючому режимі, а питома робота замісу досягає 22 - 30 Дж/г з високим коефіцієнтом корисної дії. Запропонований місильний орган можна використовувати на всіх фасувально-закупорювальних машинах з вертикальною віссю обертання. Геометричне виконання гвинтової мішалки в поперечному перерізі виконане у вигляді плавника дельфіна з кутом атаки 28°-38°. Виникаючі при цьому сили зрізування між спіралями і між краєм бункера і спіраллю забезпечують швидке зволоження борошна при замішуванні і швидкий зв'язок в'язкості.

Пропоновану мішалку можна встановлювати на всіх фасувально-закупорювальних машинах вітчизняного та імпортного виробництва де використовується вертикальне розміщення місильних органів.